

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 3/06	3 0 1 Z			
1/32				
G 1 1 B 19/00	5 0 1 H	7525-5D		
			G 0 6 F 1/00	3 3 2 Z
審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 14 頁)				

(21)出願番号 特願平7-146618

(22)出願日 平成7年(1995)6月13日

(31)優先権主張番号 08/260, 104

(32)優先日 1994年6月15日

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 フレディリック ダグリス

アメリカ合衆国 ニュージャージー

08873, サマセット, ハーレック ウェイ
248

(72)発明者 ブライアン ディー. マーシュ

アメリカ合衆国 ニューヨーク 10024,

ニューヨーク, ナンバー9, ウェスト 77

ディーエイチ 308

(74)代理人 弁理士 山本 秀策

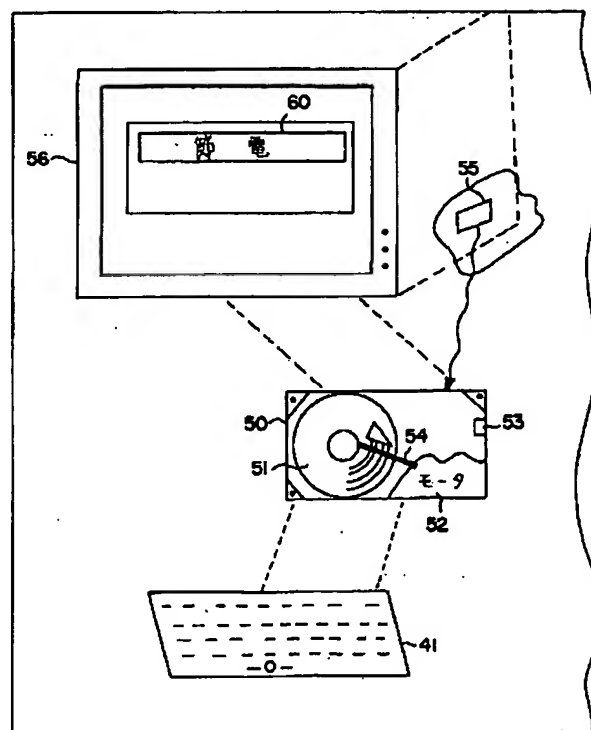
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ディスクを有するコンピュータの節電方法

(57)【要約】

【目的】 各アクセス後、直ちにディスクをスピンドウンすることによって節約され得る電力と、ディスクアクセスが要求されディスクを再びスピンドアップするときの応答時間とを最適化する、ディスクを有するコンピュータの節電方法を提供する。

【構成】 携帯型ラップトップコンピュータのディスクドライブによって消費される電力を管理する方法であって、所定のディスク非作動期間をメモリ内の状態テーブルに記憶されるいくつかの状態に量子化するステップを包含する。ユーザによるディスクアクセスの履歴に基づいて、各2つの状態間の遷移の数がカウントされメモリに記憶される。この履歴に基づいて将来のディスク非作動期間が予測され、この予測がしきい値と比較される。予測されたディスク非作動期間がしきい値より長い場合は、ディスクをスピンドウンすることによってコンピュータは自動的に低電力モードに置かれる。しきい値より短い場合はディスクは回転を続ける。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非作動の期間によって隔てられた間隔を置いた作動期間を示す回転可能なディスクを有するコンピュータ装置と共に使用するための節電方法であって、所定のディスクの非作動期間を、各々が個別の時間領域を表す複数の状態に量子化するステップと、該装置が操作中のとき所定の時間にわたって各 2 つの状態間の遷移の数のカウントをメモリ内のテーブルに記憶するステップと、

該各 2 つの状態間の記憶されたカウントの履歴を調べることにより、ディスク非作動期間を予測するステップと、

該予測されたディスク非作動期間が所定のしきい値より長い場合のみ該装置を低電力モードに置くステップと、を包含する方法。

【請求項 2】 前記予測されたディスク非作動期間が前記所定のしきい値より短い場合は前記ディスクを回転させ続けるステップをさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】 前記装置に付属するメモリ内のテーブルに前記状態を記憶するステップをさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】 前記予測をメモリ内のテーブルに記憶するステップをさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】 所定の非作動期間にわたって該ディスクを回転させ続ける場合に比べて、前記ディスクを止め、後で再びスピニングアップすることによって電力消費が低減されるとき、各状態に対してディスクアクセス間の要求間隔時間を決定することにより前記所定のしきい値を導き出すステップをさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】 メモリ内に第 2 の所定のしきい値を記憶し、ディスク非作動期間がこれを超えると優先され、前記予測されたディスク非作動期間に係わりなく、前記ディスクを低電力モードに置くステップをさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】 前記装置を、前記低電力モードから、前記予測されたディスク非作動期間に係わりなくユーザによる所望に応じて該ディスクを回転させ続けるモードに切り換えるステップをさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】 前記コンピュータ装置がディスクドライブコントローラである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】 前記コンピュータ装置における変更に基づいて各 2 つの状態間の遷移の数のテーブルを変更するステップをさらに包含する、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 10】 各 2 つの状態間の遷移の数についてのメモリ内の複数のテーブルであって、各々が所定のコンピュータ装置に関連するテーブルを記憶するステップと、

該状態についてのメモリ内の複数のテーブルであって、各々が所定のコンピュータ装置に関連するテーブルを記憶するステップとをさらに包含する、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 11】 使用されるコンピュータソフトウェアにおける変化に基づいて各 2 つの状態間の遷移の数の前記テーブルを変更するステップをさらに包含する、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 12】 次のディスクアクセスがいつ起きかの予測に基づいて次のディスクアクセスに先立って前記ディスクをスピニングアップするステップをさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は携帯型コンピュータの配電機構 (power distribution scheme) に関する。詳しくは、ラップトップコンピュータのディスクドライブに配電される電力の管理に関する。

【0002】

【従来の技術】 電子装置の電力消費はいつでも重要な問題である。電力供給源はいつでも、装置に十分な電力を与えると同時に、放熱、物理的な大きさ、重量、および効率性などの装置の関連する特性を考慮に入れて設計する必要がある。このような特性は、適切な電源を設計または選択する場合に重要であり、この電源を用いる装置がラップトップコンピュータなどの自己充足の携帯型ユニットである場合には、特に決定的なものとなる。

【0003】 多くの携帯型ユニットにおいて、ユニットが 110 ボルトの AC 電流 (通常の家内電流) などの主電源または外部電源から分離されるとき電力を供給するために自己支援電源が用いられる。典型的には、バッテリーは、この独立した携帯電源を供給するために用いられる。いくつかの例では、バッテリーが補助電源として機能して、揮発性メモリに保持されたデータを保存する (RAM リフレッシュ) など、いくつかの重要な回路を作動状態に維持する。他の例では、バッテリーは主電源として機能して、装置に十分な電力を供給する。

【0004】 情報処理の領域では、処理装置の小型化により、計算装置の携帯化が可能となった。最初に開発されたこのような携帯型処理装置の 1 つは、ハンドヘルド型計算機であり、この計算機はバッテリー電源により作動し、ユーザが容易に持ち運ぶことができた。バッテリーは計算機のすべての機能の電力を供給し、ユーザは、外部電源に接続せず計算機を容易に持ち運ぶことができた。バッテリーを使い切ると交換または再充電が行われた。最も初期の計算機は、計算機上でユーザがオン/オフ状態を作動させ得るだけのものであった。オン状態の間は全電力が使用され、オフ状態の間は電力は完全に遮断された。これらの計算機の初期の半導体メモリの多くは揮発性であったため、計算機がオフになると揮発性メ

メモリに記憶された情報は失われた。この問題を解決するために、次に登場する計算機には不揮発性メモリが組み込まれた。あるいは、装置がオフのときはこのようなメモリに待機電力が供給され、これにより、メモリ内に記憶された情報すべてが保持された。様々な機能を監視するためにさらに向上した機構が考案され、これにより、様々な構成要素の各々が使用されていないときはこれらから電力がカットされた。さらに、後になってタイムアウト機構が考案され、一定の時間が経過した後もキーが押されないときなどに、電力を節約するために、計算機を待機モードにおくことがなされた。これらの特徴すべては、最初は、装置が内部携帯用電源を用いて作動し得る期間を長くするために考案された。

【0005】情報処理技術が単純な計算機を超えてデスクトップ型パソコンにまで広がると、電力消費および電力管理制御機構にさらに制約が生じた。これらのコンピュータには含まれるが上述の計算機にはなかった新たな回路と共に、これらのコンピュータ内の新たな記憶装置が多く電力を消費した。このような記憶装置としては、読み出し専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）（揮発性および不揮発性メモリを含む）、フロッピーディスクドライブ、ハードディスクドライブ、および他の磁気媒体が含まれる。また、典型的には視覚スクリーンを含むこれらのコンピュータの表示ユニットを作動させるために新たな電力が必要であった。オン/オフ状態におけるコンピュータのこれらの周辺装置への配電を監視および制御するために様々な機構が考案された。

【0006】ラップトップ型と呼ばれる、デスクトップコンピュータシステムを携帯化したコンピュータの出*30

各構成要素別電力消費

構成要素	メーカーおよびモデル	電力(W)	全体における%
ディスプレイ	Compaq monochrome lite25c	3.5	68%
ディスクドライブ (105MB)	Naxtor NL-105111	1.0	20%
CPU	3.3V Intel486	0.6	12%
メモリ(16MB)	Micron MT4C4M4A1/B1	0.024	0.5%

【0009】ディスプレイは68%であり、システムの電力消費の大部分を占める。ディスクドライブは携帯型コンピュータの電力消費の20%を占める。ディスクは、ディスプレイとは異なり、ユーザと直接相互作用しない装置であるため、電力管理を行うための対象となった。オペレーティングシステムによる適切な管理により、ディスクはアクセスされるとスピニングアップされ、また長期間にわたって非作動のときはスピンドアウンされるようにすることができ、これを行ってもユーザはシステ

* 現により、完全に内蔵型の長時間持続する電源をコンピュータに配備することが所望されるようになった。これらのラップトップコンピュータは小型軽量であるために、内部電源、すなわち典型的にはバッテリーにより所定時間だけ作動するように設計された。デスクトップコンピュータで生じた上記の新たな制約は、新たな回路、メモリ、視覚スクリーン、およびこれに付随する周辺装置を有するこれらのラップトップコンピュータにもまた課せられた。これらの装置は新たな電力消費を必要とした。バッテリーの大きさおよび重量を最小限に維持する一方でラップトップコンピュータの自己維持期間を延ばすためには高度な電力管理機構が不可欠であった。これは、電力が必要な回路および装置にのみ電力を供給し、または、少なくとも、ある特定の装置が非作動であるときはこの装置を低電力消費モードにすることを含む。管理機構はまた、様々な回路および装置を連続して監視して、このような回路および装置を必要と時のみ作動させるように電力を直ちに供給し得る必要があった。

【0007】携帯型ラップトップコンピュータが次第に普及し、また産業界ではラップトップコンピュータの構成部品をさらに小型化すると共に、メモリサイズおよびラップトップコンピュータの機能を増大させることを目標としているため、ラップトップシステムの構成部品の電力管理が当該分野では増々重要となり重大な課題となった。下記の表1は、ラップトップシステムの主要な構成部品、および典型的な携帯型コンピュータにおけるこれら構成部品の電力消費を当業者によって測定された値で示す。

【0008】

【表1】

ムの性能または信頼性にさほどの違いを認めない。

【0010】携帯型コンピュータ市場における最近の盛況により、製造業者は携帯型市場のために特に設計された特別タイプのディスクドライブを開発するに到った。これらのドライブは、高い衝撃耐性、物理的なサイズの縮小、および重量の低減に加えて電力消費が少なく、また、さらに重要なことに、スリープモードとも呼ばれる新しいオペレーションモードを採用している。

【0011】スリープモードではディスクに電力は与え

られるが、物理的なディスクの円盤 (platter) は回転しない。スリープモードは、ディスクは回転しているが作動していないアイドルモードとは異なる。作動モードはスリープモードおよびアイドルモードとは次の点で異なる。すなわち、作動モードでは、ディスクの円盤が回転しているときディスクヘッドはシーク状態にあるかもしれない。もしくは実際にディスクからの読み出しまたはディスクへの書き込みを行っている。オフモードではディスクはエネルギーを消費せず電源立ち上げ (power up) 以外にはいかなる機能も行わない。表2は、典型的なディスクドライブによって消費される当業者により測定された電力を示す。表3は、ディスクモード間の遷移時間、およびサンプルのディスクドライブの当業者によって測定された電力消費を示す。

【0012】

【表2】

* Maxtor MXL-105 III の主要ディスクモードの電力消費

モード 電力 (ワット)

オフ	0.0
スリープ°	0.025
アイドル	1.0
アクティブ	1.95

【0013】

* 【表3】

Maxtor MXL-105 III の主要ディスクモード間の平均遷移時間 および 電力消費
遷移 時間 (秒) 電力 (ワット)

電源投入	0.5	0.025
スピニング°	2.0	3.0
シーク	0.009	1.95
スピンドウン	1.0	0.025
電源オフ	0.5	N/A

【0014】ディスクドライブによって消費されるエネルギーの大部分は物理的なディスクの円盤の角運動量を保存することに費やされる。ドライブの電気部品を通电するために費やされるエネルギーははるかに少ない。スリープモードにより、ディスクの円盤の回転を緩めて休止状態にすることによってエネルギー消費を零近くまで減らすことができる。この状態をディスクをスピンドウンと呼ぶ。しかし、この実質的なエネルギーの削減は代償を伴う。ディスクがスリープしている間にディスクにアクセスするには秒単位の遅延があるが、これに対して、回転しているディスクにアクセスする場合の遅延は十ミリ秒の単位である。ディスクドライブがパワーアップされ、ある頻度で使用される場合は (マルチアクセ

ス)、この違いは、コンピュータが単一のバッテリー充電で作動し得る時間の長さに重大な影響を与える。

【0015】回転しているディスクと回転していないディスクとの間の電力消費の差は大きい。従って、システムは必要なときのみディスクを回転させようとする。ディスクがバッテリーの寿命にどのように影響を与え得るかについて調べるために、Dell 320 SLi、Toshiba T3300SL、およびZenithMaster sport SLeのディスクの電力消費を当業者によって測定した。結果を下記の表4に示す。

【0016】

【表4】

マシン	CPU速度 (MHz)	ディスクサイズ (MB)	ディスクの 状態	システム 電力(W)	節電 (W)	システム全電力 における%
Zenith Mastersport SLc	25.0	85	アイドル 停止	10.5 9.5	1.0	9.5
	6.5		アイドル 停止	9.2 8.3		
Toshiba T330QSL	25.0	120	アイドル 停止	8.1 6.9	1.2	14.8
	6.5		アイドル 停止	7.3 6.2		
Dell 320SLi	20.0	120	アイドル 停止	4.5 3.6	0.9	20.0
	2.5		アイドル 停止	3.2 2.2		

【0017】3台のコンピュータすべてがMac h 3.0 (UX37/MK77) を走らせた。これらのコンピュータは相対的な製造年度の順に表示されている。各コンピュータ共、購入時には低電力ノートブック型設計では最高水準のものであった。これらのすべてが、386

SL CPUと82360 I/OコントローラとからなるIntelのSL Supersetを使用している。ZenithとToshibaはバックライトのLCDディスプレイを用い、Dellは「トリプルスーパーツイストネマチック反射型LCDディスプレイを用いている。以下のパラメータ、すなわち、CPUの速度およびディスクの状態は各コンピュータで変動させた。これらのパラメータは、システムの製造業者によって供給される添付されたソフトウェアのホットキー (hot-key binding) を用いて制御された。CPUの速度は可能な最大および最低速度に設定した。ディスクは「スピニングアップ」または「スピンドアウン」のいずれかであるように設定した。

【0018】CPUは大量の電力を消費し得るため、CPUのクロック速度を変動させることは重要であった。現在実行すべき仕事がないときにクロック速度を低減させることにより、消費電力量が著しく減少し得る。携帯型コンピュータは高度に対話型のソフトウェア (メイラ (mailer)、ニューズリーダ (news reader)、エディタ (editor) など) のために使用されることが多い。従って、CPUのアイドル時間が多くなると想定するのは道理にかなっている。CPUクロック速度が低いときは、クロック速度が高いときより、回転するディスクの

消費電力のシステムの全電力に占める割合は比例して大きくなる。

【0019】表4から分かるように、ディスク密度は増大しており、これにより、より多くのデータを保持することが可能となっている。現在では、上記のシステムよりさらに大きいディスクを有するコンピュータが利用可能である。ディスク密度は増大しているが、最大のディスクが消費する電力はほぼ同じで、アイドル回転しているディスクに対して約1Wである。次に、システムの全体的な電力コストは下がっている。この結果、これらのノートブック型コンピュータのディスクのサブシステムによって消費される電力量は9%から31%に増えている。記録密度が向上したことにより、同じ物理的な装置により多くのデータを記録することが可能となるが、記録密度は物理的な質量に影響は与えない。ドライブはより効率的になっているが、スピニングアップしその後回転を維持するためにはほぼ同じコストが必要である。理論的には、コンピュータのディスクはもっと小さくてもよい。しかし、実用においては、電力消費を減らすのではなく、記憶システムの全容量を増やすために、より高い記録密度が用いられる。Hewlett-Packard OmniBookなどの最も小さく最も軽いコンピュータは例外として、同じバイト数を有する小さいディスクより同じ質量を有する大きなディスクを用いる傾向にあるようにみえる。

【0020】表4からわかるように、適切なディスク管理を行うとバッテリー寿命を向上させるだけでなく、他のラップトップに勝る利点を与え得る。例えば、Dell

320のバッテリー寿命は20~31%向上し得る。これは必要ないときはディスクを非作動にした場合に節約され得る量である。言い換えれば、5時間持続するバッテリーは、適切な電力管理が行われるならば6~6.5時間持続し得る。当然ながら、ディスクをオフにすると、アクセス待ち時間 (access latency) が増大する結果となり得る。ディスクをオフにした後は、スタートアップ時に、すなわちディスクがスピニングされる度に新たな電力が消費される。従って、システムにおいては、各アクセス後にディスクを直ちにスピンドウンすることによって節約され得る電力と、スピンドウンおよびスピニングを頻繁に繰り返すことによる (新たな電力消費を含む) 応答時間への影響との間のトレードオフになる。

【0021】現在のラップトップコンピュータは、多くの電力削減方法を採用してバッテリー寿命を引き延ばしている。すべてではないにしても現在のほとんどの携帯型コンピュータは、ディスクをいつスピンドウンするかを決定するのに固定しきい値を用いている。ディスクが所定の時間にわたってアイドル状態である場合は、ディスクは自動的にスピンドウンされる。次のアクセスが行われるとディスクは再びスピニングされる。固定しきい値は、典型的には、要求によるディスクのスピニングからの遅延を最小限にするために数秒または数分程度である。Hewlett-Packard Kittyhawk C3014Aは約3秒でスピンドウンおよびスピニングを行う。この製造業者は約5秒の非作動後にスピンドウンを行うように推奨している。他のディスクのほとんどは、スピンドウン/スピニングに数秒を要し、分単位の時間の経過後にスピンドウンを行うように推奨している。実際において、アクセスがないままディスクを2~3秒間回転させることは、スピンドウンさせ次のアクセスにより直ちにスピニングさせるより、多

くの電力を消費し得る。従って、もっと積極的にディスクのスピンドウンを行うことにより、ディスクの電力消費は低減され得る。しかし、ディスクがスピンドウンした後は、最初のアクセスの待ち時間は長くなる。

【0022】下記の表5において、最終行のTdはブレークイーブンポイントであって、ディスクの回転を保持する場合のコストが、ディスクを直ちにスピンドウンさせ次のアクセスの直前にスピニングさせる場合のコストに等しい点である。つまり、次のアクセスが将来においてTd秒より長くなりそうな場合は、消費電力を減らしバッテリー寿命を節約するためには、ディスクを回転させ続けるのではなく、ディスクをスピンドウンして、次のアクセスの直前にスピニングすべきである。ディスクの将来の動作を知ることにより、次のアクセスが将来Td秒より長くなるならばディスクを直ちにスピンドウンすることができる。この結果、電力消費が最小限となり、最大の電力が節約される。当然ながら、これは単純なしきい値を超えて複雑である。例えば、(a) ディスクは、通常、消費電力量を減少させる多くの状態を有する。しかし、これらの状態から作動状態 (例えば、ディスクは回転しているがディスクヘッドは止まっている状態) に戻すには、その分だけより多くの時間および電力を要する。(b) 次のアクセスの時間は通常は予測不能であり、保守的なスピンドウンの方法が信頼される。

(c) 応答時間 (スピニングの待ち時間) が悪影響を受ける。表5は携帯型コンピュータのための2つのディスクドライブ、Hewlett-Packard Kittyhawk C3014AとQuantum Go-Drive 120との、Td値を含む特性を示している。

【0023】

【表5】

特性	Hewlett-Packard Kittyhawk C3014A	Quantum Go-Drive120
容量(MB)	4 0	1 2 0
消費電力 アイドル(W)	1. 5	1. 7
消費電力 ライト(W)	0. 6	1. 0
消費電力 スピンドル(W)	2. 2	5. 5
スピンドルまでの 通常時間(s)	1. 1	2. 5
スピンドルからの 通常時間(s)	0. 5	6. 0
1kBを読む 平均時間(s)	22. 5	26. 7
フルレートでの要求 間隔時間Td(s)	5. 0	14. 9

【0024】新しい要求が届いたときディスクをスピンドルアップするための時間は、応答時間に実質的な影響を与える。ディスクがスピンドルダウンされている場合、要求が届いたときディスクをスピンドルアップするオンライン方法では、要求はディスクの準備ができるまで、典型的には少なくとも1～2秒間、待機しなければならない。この待ち時間は、通常のディスクのアクセス時間より2、3桁は長く、従って、可能な限り避けなければならない。Tdが僅か2～3秒であってもディスクをスピンドルアップするための典型的なしきい値が数分程度であることが多い理由は、スピンドルアップオーバーヘッドが大きいことである。ディスクが数分間アクセスされていない場合は、新しい要求が実現される前にさらに2～3秒のオーバーヘッドは予期されるものでありまた道理にかなっている。

【0025】業界では、システムの構成部品を遮断(shutdown)する方法を主要な電力管理の方法とみなしている。この方法は、システム非作動の期間がはっきりしているときは良好に働くが、もっと典型的な分散的な作動

パターンにおいてはうまくいかない。本発明はこれらの分散的な作動パターンを考慮に入れて、これらを考慮した電力の節約を提供する。

【0026】装置または装置の一部の電力消費の制御については数多くの先行文献が周知である。これらには、所定の時間にわたってユーザとの対話が行われなときはタイムアウトを提供する手段が含まれる。しかし、これらの先行文献には本発明のラップトップコンピュータのための高度なディスク電力管理機構は開示されていない。このような先行文献には以下のものがある。

【0027】Wilkesによる論文「Predictive Power Conservation Kittyhawk Power Management Modes」。この論文は過去の実績(直前の2～3回の間隔時間)に基づいてスピンドルダウンのための時間制限しきい値を設定するディスクスピンドルダウンシステムについて述べている。

【0028】1993年4月6日発行の米国特許第5,201,059号「Method For Reducing Power Consumption ...」では、定期的なキーボードポーリング割り

込みを監視することにより、コンピュータがアイドルでありパワーダウンさせ得るかどうかが決定される。

【0029】1993年3月23日発行の米国特許第5,197,055号「Idle Demount in an Automated Storage Library」は、ドライブが最小しきい値時間にわたって作動しない場合、最低使用頻度に基づいてディスクを取り外すかまたはスピンドウンする自動記憶ライブラリに関する。

【0030】1991年1月8日発行の米国特許第4,984,103号「Method for Reading/Writing for a Floppy Disk Drive with Buffer Memory」では、ディスクドライブのスピニアップを最小限にするために、特定のアクセスによって要求されるより多くの情報をディスクキャッシュに記憶させ、次にディスクをスピンドウンする。これにより、ディスクバッファにはない情報を求める要求を受け取るまではスピニアップは行われない。

【0031】1992年10月20日発行の米国特許第5,157,560号「Data Recording and Reproducing Device Designed to Reduce Power Consumption」では、装置は、所定の時間にスピンドルモータおよびボイスコイルモータのうちの一方のみに電力を供給することによって電力を節約する。1992年11月24日発行の米国特許第5,167,024号「Power Management for a Laptop Computer with Slow and Sleep Modes」では、ラップトップコンピュータはスリープモードで低電力作動状態に入る（このシステムはまた、一定時間が経過する前の非作動の間中は低速度のクロックが使用される中間電力モードも有している）。

【0032】1993年4月発行の仕様書「Kittyhawk Technical Information」では、いくつかの節電オペレーションモードを有し、コマンドに応答して作動モードから待機モード（電子部品は作動しているがディスクはスピンドウンされる）およびスリープモードに進み得る。5秒間のしきい値により作動モードから待機モードに進むことが提案されている。

【0033】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来技術においては、次に示す問題があった。すなわち、ディスクドライブをスピンドウンする（ドライブの円盤の回転を止める）ことによる電力節約量と、ディスクへのアクセス時に必要な待ち時間とを最適化することができなかった。また、従来技術は、ハードウェアやソフトウェアが変更されたときに柔軟に対応できなかった。

【0034】本発明の目的の1つは、熱分散、物理的な大きさ、重さ、および効率性などのコンピュータ装置の他の関連する特性を考慮に入れる一方で節電を行うラップトップコンピュータのディスクドライブのための節電方法を提供することである。本発明の別の目的は、ディ

スクドライブによって使用される電力量を減らすことによって一回のバッテリー充電でコンピュータが作動し得る時間が延長されるように、ラップトップコンピュータのための効率的なディスク電力管理システムを提供することである。

【0035】本発明のさらに別の目的は、新たな回路および記憶装置ならびにこれらの装置によって消費される電力を考慮に入れた、ラップトップコンピュータのための節電方法を提供することである。

【0036】本発明のさらに別の目的は、携帯型コンピュータで使用される電源の寿命を延ばす一方で、このような装置および電源の大きさおよび重さを最小限に維持することである。

【0037】本発明のさらに別の目的は、携帯型コンピュータに接続されるまたは内蔵される様々な回路および周辺装置を監視し得る電源管理機構を提供することである。本発明のさらに別の目的は、ユーザによるディスクへのアクセス時間の遅延を防ぐまたは最小限にすることである。

【0038】本発明のさらに別の目的は、各アクセス後直ちにディスクをスピンドウンすることによって節約され得る電力と、ディスクアクセスが要求されディスクを再びスピニアップするときの応答時間にスピンドウンが与える影響とを均衡させるラップトップコンピュータのための効率的な節電機構を提供することである。

【0039】本発明のさらに別の目的は、次のアクセスが将来T d秒より後に起こり得る場合、すなわち、次のアクセスが、システムがディスクをスピンドウンすることによって電力を節約するのに十分なほど間をおいて起こると見込まれる場合は、非作動になると直ちにディスクをスピンドウンすることによってラップトップコンピュータの電力を節約することである。

【0040】本発明のさらに別の目的は、ディスク電力管理において以下の要因、すなわち、スピニアップ待ち時間（既にスピンドウンされているディスクにユーザがアクセスするのに要する時間）、ディスクへの次のアクセスの予測可能度（次のディスク要求がユーザによっていつ行われるかの見込み）、およびディスク作動の中間状態のすべてを考慮に入れることである。

【0041】

【課題を解決するための手段】本発明による節電方法は、非作動の期間によって隔てられた間隔を置いた作動期間を示す回転可能なディスクを有するコンピュータ装置と共に使用するための節電方法であって、所定のディスクの非作動期間を、各々が個別の時間領域を表す複数の状態に量子化するステップと、該装置が操作中のとき所定の時間にわたって各2つの状態間の遷移の数のカウントをメモリ内のテーブルに記憶するステップと、該各2つの状態間の記憶されたカウントの履歴を調べることにより、ディスク非作動期間を予測するステップと、該

予測されたディスク非作動期間が所定のしきい値より長い場合のみ該装置を低電力モードに置くステップと、を包含しており、そのことにより上記目的が達成される。

【0042】好ましくは、前記予測されたディスク非作動期間が前記所定のしきい値より短い場合は前記ディスクを回転させ続けるステップをさらに包含する。

【0043】ある実施例では、前記装置に付属するメモリ内のテーブルに前記状態を記憶するステップをさらに包含する。

【0044】ある実施例では、前記予測をメモリ内のテーブルに記憶するステップをさらに包含する。

【0045】好ましくは、所定の非作動期間にわたって該ディスクを回転させ続ける場合に比べて、前記ディスクを止め、後で再びスピニングアップすることによって電力消費が低減されるとき、各状態に対してディスクアクセス間の要求間隔時間を決定することにより前記所定のしきい値を導き出すステップをさらに包含する。

【0046】好ましくは、メモリ内に第2の所定のしきい値を記憶し、ディスク非作動期間がこれを超えると優先され、前記予測されたディスク非作動期間に係わりなく、前記ディスクを低電力モードに置くステップをさらに包含する。

【0047】ある実施例では、前記装置を、前記低電力モードから、前記予測されたディスク非作動期間に係わりなくユーザによる所望に応じて該ディスクを回転させ続けるモードに切り換えるステップをさらに包含する。

【0048】ある実施例では、前記コンピュータ装置がディスクドライブコントローラである。

【0049】ある実施例では、前記コンピュータ装置における変更に基づいて各2つの状態間の遷移の数のテーブルを変更するステップをさらに包含する。

【0050】ある実施例では、各2つの状態間の遷移の数についてのメモリ内の複数のテーブルであって、各々が所定のコンピュータ装置に関連するテーブルを記憶するステップと、該状態についてのメモリ内の複数のテーブルであって、各々が所定のコンピュータ装置に関連するテーブルを記憶するステップと、をさらに包含する。

【0051】ある実施例では、使用されるコンピュータソフトウェアにおける変化に基づいて各2つの状態間の遷移の数の前記テーブルを変更するステップをさらに包含する。

【0052】好ましくは、次のディスクアクセスがいつ起きるかの予測に基づいて次のディスクアクセスに先立って前記ディスクをスピニングアップするステップをさらに包含する。

【0053】

【作用】本発明は、ラップトップコンピュータのための節電システムに関する。この節電システムは、近い将来アクセスが行われる様子がないときはハードディスクドライブをスピニングダウンする。ディスクをスピニングダウ

るかどうかは、ディスク作動の過去の履歴に対応してコンピュータによって決定される。次のディスクアクセスがいつ行われるかの予測が、ディスク作動の過去の履歴に基づいて行われ、これにより、ディスクのスピニングダウンは、固定しきい値節電機構により通常行われる場合より早く行われる。ディスクの回転を止めることによって、バッテリーの電力または一回のバッテリー充電が節約され、ラップトップコンピュータの作動時間が延長される。

【0054】本発明の方法は、ディスクドライブの動作をモデル化するマルコフ連鎖を用いる。このモデルは複数の状態を定義し、各状態は連続したディスクアクセス間の各々異なる時間間隔に対応する。ディスクドライブの実際の動作に基づいた状態の変化を監視することによって、マルコフ連鎖のための分布頻度表が生成される。すなわち、状態変化の履歴が導き出される。所定件数が監視されると、システムは操作モードに移り、該モードでは、頻度分布は、最後のディスクアクセスからの時間間隔に基づいて次の状態（すなわち、次のディスクアクセスまでの時間間隔）を予測するための確率分布として用いられる。

【0055】次のディスクアクセスまでの最も可能性のある時間がしきい値 T_d より長い場合は（このとき、ディスクをスピニングダウンして次にディスクアクセスで再びスピニングアップするコスト（電力消費）はディスクを回転させ続ける場合より小さい）、ディスクドライブは直ちにスピニングダウンされる。次のアクセスまでの最も可能性のある時間がしきい値 T_d より短い場合は、ディスクは回転を続ける。システムが第2のしきい値より長くアイドルの状態である場合は、ディスクは確率分布を参照せずにスピニングダウンされる。この節電システムは「節電」スイッチを介してユーザによってスイッチオン／オフされ得る。このスイッチはハードウェアまたはソフトウェアのいずれかによって装備され得る。ユーザは必要なときは（例えばシステムパラメータが変わるとき）システムを無視してもよい。

【0056】本発明の方法は、ディスクの非作動の期間を、各々が個別の時間領域を表す複数の状態に量子化するステップと、装置の作動中に装置を監視することにより複数の状態間の遷移の統計を得るステップと、各非作動時間間隔が生じるときこれを表す値を決定しこれを記憶するステップと、記憶された値に基づいて次の非作動時間間隔を予測するステップと、予測された非作動期間が所定のしきい値 T_d より長い場合のみ装置を低電力モードに置くステップとを包含する。

【0057】

【実施例】図1は本発明で用いられるハードウェアの構成要素を示す。ラップトップコンピュータ40はコンピュータに情報またはコマンドを入力するためのキーボード41を含む。コンピュータ40内にはハウジング50

が配備され、回転可能なディスク 51 を収容している。ディスク 51 には、ディスク 51 を回転させるためのモータアーム 54 が接続されている。アーム 54 はまた、アーム 54 を駆動するモータ 52 に接続されている。ハウジング 50 内にはまた、ユーザによって作動され得る節電スイッチ 53 が設けられている。スイッチ 53 はオンおよびオフ位置を有する。コンピュータのユーザがスイッチ 53 をオン位置にスイッチするだけで、節電機構が作動する。ユーザがオフ位置にスイッチすると、ソフトウェア駆動の節電機構は無視される。

【0058】ラップトップコンピュータ 40 はまた、画面 60 とオペレーティングシステム 55 とを収容するディスプレイ 56 を有する。オペレーティングシステム 55 は、本発明の節電機構を自動的に実現するルーチンを含む。また、コンピュータのユーザは、図 2 の画面 60 に示すようなコマンドをタイプ入力することによってこの節電機構を実現し得る。画面の第 1 行には節電というルーチン名が現れ、ユーザはこれを作動させ得る。ユーザは画面の 2 行目のボックス 62 のオフ命令またはボックス 63 のオン命令を作動させることによって節電機構を作動または無視し得る。図 2 の 2 行目のボックス 63 には「X」印が入れられており、これは、節電機構がユーザによって使用されていることを示す。画面 60 の 3 行目は、画面 60 の 4 行目に示す水平方向の時間尺 65 に示された秒数だけ経過した後ディスク 51 がスピンドアウンされる予定であることを示す。スライダアーム 66 は時間尺 65 に沿って移動し得、何秒後にディスクがスピンドアウンする予定であるかの時間を示す。この時間は、後述するディスクのスピンドアウンの第 2 のしきい値として作用する。従って、第 2 のしきい値はユーザの必要および所望によって調整され得る。この時間の数値表示が画面 60 の 4 行目のボックス 70 に示される。図 2 では、この時間は 5 秒に設定されている。画面 60 の 5 行目はボックス 67 を有し、「次のアクセス時間を予測」と表示されている。ディスクが次にアクセスされる時間の予測をシステムが行うことを望む場合は、ユーザは「オン」ボックス 69 を作動させる。望まない場合は「オフ」ボックス 68 を作動させることにより予測が行われないようにする。

【0059】ディスクへの次の要求がいつ行われるかを予測するためにはマルコフ連鎖が使用される。マルコフ連鎖は、ディスクでの最も最近の要求間隔時間 (interval time)、すなわち最近の 2 つのディスクアクセス間の時間に対応する。マルコフ連鎖は状態間の遷移の可能性を有する 1 組の状態によって記述される。図 3 は 3 つの状態 10、20、30 を有するマルコフ連鎖の例を示す。矢印は状態間の遷移を示す。例えば、状態 10 では、状態変更の可能性が 3 つある。状態 10 は、参照番号 11 によって示されるようにそれ自体に遷移し得る。参照番号 12 によって示されるように状態 30 に遷

移し得る。または、参照番号 13 によって示されるように状態 20 に遷移し得る。同様に、状態 20 は、参照番号 14 によって示されるように状態 10 に遷移し得る。参照番号 15 によって示されるようにそれ自体に遷移し得る。または、参照番号 16 によって示されるように状態 30 に遷移し得る。同様に、状態 30 は、参照番号 17 によって示されるように状態 20 に遷移し得る。参照番号 18 によって示されるように状態 10 に遷移し得る。または、参照番号 19 によって示されるようにそれ自体に遷移し得る。

【0060】下記の表 6 は 1 つの状態から別の状態への各遷移の確率を示す。

【0061】

【表 6】

状態遷移の確率

遷移前の状態	遷移後の状態		
	10	20	30
10	.80	.15	.05
20	.50	.25	.25
30	.10	.20	.70

【0062】各参照番号は以下のように状態間の遷移の確率に対応する。例えば、参照番号 11 は、状態 10 がそれ自体に遷移する 80 % の確率を表す。参照番号 12 は、状態 10 が状態 30 に遷移する 5 % の確率を表す。参照番号 13 は、状態 10 が状態 20 に遷移する 15 % の確率を表す。参照番号 14 は、状態 20 が状態 10 に遷移する 50 % の確率を表す。参照番号 15 は、状態 20 がそれ自体に遷移する 25 % の確率を表す。参照番号 16 は、状態 20 が状態 30 に遷移する 25 % の確率を表す。参照番号 17 は、状態 30 が状態 20 に遷移する 20 % の確率を表す。参照番号 18 は、状態 30 が状態 10 に遷移する 10 % の確率を表す。参照番号 19 は、状態 30 がそれ自体に遷移する 70 % の確率を表す。

【0063】従って、時間 t においてマルコフ連鎖が状態 20 にある場合、時間 $t+1$ においては 25 % の確率で状態 20 に留まり、50 % の確率で状態 10 に遷移し、また 25 % の確率で状態 30 に遷移し得る。

【0064】マルコフ連鎖の各状態は連続したディスクアクセス間の所定の時間範囲に対応し、ディスクでの最も最近の要求間隔時間、すなわち、最も最近の 2 つのアクセス間の時間に対応し得る。次のアクセスが将来 T_d 秒より長い時間後に起こると予測される場合、ディスクは直ちにスピンドアウンする。ディスクは次のディスクアクセスにより直ちにスピンドアアップする。これは予測-要求モデル (Predictive-Demand Model) と呼ばれる。もっと精巧な連鎖では、次のアクセスを予測するために 2 つ以上の最近の要求間隔時間を用い得る。これらの連鎖

はまた、予測された要求間隔時間を用いて、次のアクセスに先だってディスクをスピニングさせることができる。予測された要求間隔時間はまた予測されたバッテリー寿命により変動し得る。

【0065】予測スピンドアンのためのマルコフ連鎖モデルをハードウェアで実現する1つの方法は、メモリを利用してディスクアクセス間の時間を、可能なアクセス時間の範囲であるバケット (bucket) に分類することである。バケットは上述したおおよび図1に示すような状態に対応する。下記の表7はコンピュータメモリ内のテー

ブルに配置されるバケット (状態) の一例を示す。

【0066】

【表7】

予測アクセスのためのバケット

バケット	下限	上限
0	> 0.000 ~	0.100
1	> 0.100 ~	0.250
2	> 0.250 ~	0.500
3	> 0.500 ~	1.000
4	> 1.000 ~	2.000
5	> 2.000 ~	3.000
6	> 3.000 ~	5.000
7	> 5.000 ~	100.000
8	> 100.000 ~	∞

【0067】この表7に基づけば、1.5秒の要求間隔時間はバケット番号4に対応する。Tdが5秒であると予め計算されている場合は、要求間隔時間がバケット番号0~6に含まれるアクセスにたいしては、ディスクはスピンドアンの行うべきではない。しかし、ディスクアクセス間の次の要求間隔時間がもっと大きい番号のバケットに含まれるときは直ちにディスクをスピンドアンのする。これにより、次のディスクアクセス要求への応答時間は低下するが、エネルギーの節約になる。次のディスクアクセスの時間の予測に基づいて次のディスクアクセスの前にディスクをスピニングし得るならば、この性能の低下は防止または縮小され得る。

【0068】マルコフ連鎖モデルは、各2つのバケット (状態) 間の遷移数のカウントを記憶することによって経時により構築される。遷移行列の一例を表8に示す。

【0069】

【表8】

表7のバケットに対応する遷移表

バケット	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	4905	443	193	135	142	95	132	32	0
1	416	131	51	38	55	21	33	13	0
2	178	49	19	29	48	25	33	6	0
3	141	38	29	19	36	18	45	3	0
4	176	36	41	40	33	16	56	8	0
5	93	17	12	25	19	6	76	14	0
6	142	34	38	38	61	77	47	1140	0
7	26	10	5	5	11	4	62	35	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

【0070】この行列は1つの可能な遷移行列である。ほとんどの遷移はバケット0同士間のものであり、これは、最後のアクセスがその前のアクセスの100ミリ秒以内に起こるならばディスクをスピンドアウンすべきではないということを強く示している。しかし、バケット6はほとんどバケット7に遷移する、すなわち、最後のアクセスがその前のアクセスの3～5秒後に起こるならば次のアクセスは5～100秒の間に起こり得、従って、直ちにスピンドアウンすべきであるということは、それほど確定的ではない。

【0071】バケット数を多くした根拠は、バケット数が多いほどより正確な予測を行う見込みが大きいためである。特定のバケット数および各バケットの範囲は、ディスクのパラメータ、予測バッテリー寿命、アプリケーションミックス、走らせるプログラムなどに基づいて特定のシステムにより調整すべきである。

【0072】本発明によって提起される1つの問題は、次のアクセスまたは要求間隔時間の予測が不正確である場合にどうすべきかということである。次のディスクアクセスまたは要求間隔時間の予測はディスクをスピンドアウンすべきであると示しているにも係わらずアクセスがTd秒以内に起こる場合、修復は簡単である。すなわち、要求により直ちにディスクをスピンドアアップすればよい。しかし、予測によりディスクは回転を続けているにも係わらずアクセスが起こらない場合は、ディスクを永久に回転させ続けるのは電力の浪費であり、手続き全体が役立たなくなる。この問題を避けるために、本発明は第2のしきい値を用いる。ディスクが予測によってスピ

ンドアウンされていないがアクセスが起こらずに所定時間が経過した場合、ディスクは自動的にスピンドアウンする。第2のしきい値に加えて、コンピュータのユーザは図2のオフボックス62を作動させることによって節電機構を無効にしてもよい。これは、例えば、コンピュータはコンセントに差し込まれているが、バッテリー電源上では作動していないときに起こり得る。

【0073】上記の表5に示すように、コンピュータシステムは異なる構成要素およびソフトウェアを用い、また異なるTd値を有するという事実を考慮すれば、別のコンピュータ、新しいシステム構成要素、新しいオペレーティングシステムなどが使用されるときでも本発明は適応可能であり、バケットおよび／または得られる遷移テーブルを変更し得る。言い換えれば、本発明は異なるシステムパラメータおよび複数のディスクドライブに対しても適応可能である。

【0074】本発明は特定の好適な実施態様について述べたが、本実施態様は単に例示的なものであって、構造ならびに構成部品の組み合わせおよび配置の詳細については本発明の精神および範囲から離れることなく多くの変更が可能である。

【0075】

【発明の効果】本発明の節電方法によれば、少なくとも以下の効果が得られる。

【0076】ユーザによるディスクへのアクセス時間の遅延を防ぐか、または最小限にすることが可能である。

【0077】各アクセス後直ちにディスクをスピンドアウンすることによって節約され得る電力と、ディスクアク

30

40

50

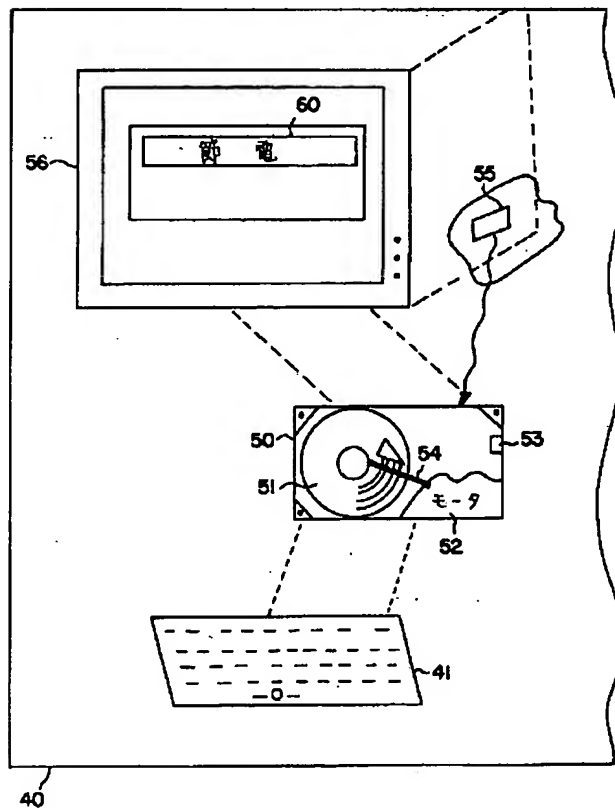
セスが要求されディスクを再びスピニングアップするときの応答時間にスピンドアウンが与える影響とを均衡させるラップトップコンピュータのための効率的な節電機構を提供できる。

【0078】次のアクセスが将来T d秒より後に起こり得る場合、すなわち、次のアクセスが、システムがディスクをスピンドアウンすることによって電力を節約するのに十分なほど間をおいて起こると見込まれる場合は、非作動になると直ちにディスクをスピンドアウンすることによってラップトップコンピュータの電力を節約することができる。

【0079】ディスク電力管理において以下の要因、すなわち、スピニングアップ待ち時間（既にスピンドアウンされているディスクにユーザがアクセスするのに要する時間）、ディスクへの次のアクセスの予測可能度（次のディスク要求がユーザによっていつ行われるかの見込み）、およびディスク作動の中間状態のすべてを考慮に入れることによって、ディスクアクセスが発生したときの待ち時間を最小にしつつ、電力消費は最大限に抑えることができる。

*20

【図1】



* 【図面の簡単な説明】

【図1】 ディスクドライブを有するラップトップコンピュータのシステム構成要素を示す図である。

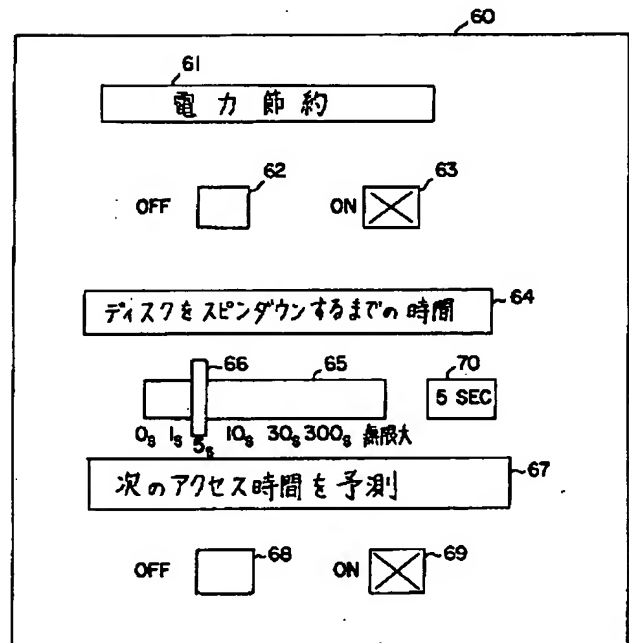
【図2】 ラップトップコンピュータの節電メニューの表示を示す図である。

【図3】 3つの状態を有するマルコフ連鎖および矢印によって示されるこれらの状態の間の確率遷移を示す状態遷移図である。

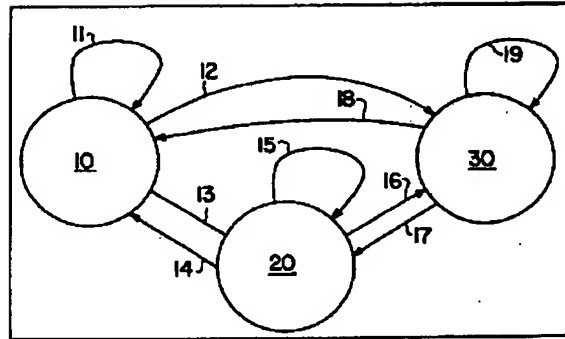
【符号の説明】

- 40 ラップトップコンピュータ
- 41 キーボード
- 50 ハウジング
- 51 ディスク
- 52 モータ
- 53 節電スイッチ
- 54 アーム
- 55 オペレーティングシステム
- 56 ディスプレイ
- 60 画面

【図2】



【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 パラメシュワラン クリシュナン
 アメリカ合衆国 ノースカロライナ
 27705, ダラハム, エイピーティー. 23
 シー, ブラウン アベニュー 2720